СУЧАСНІ ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ: ПРОБЛЕМА ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТУ ВІД НАФТОПРОДУКТІВ

Пилипчук О.Я., Висоцька Т.І., Пічкур Т.В.

Державний університет інфраструктури та технологій

вул. Кирилівська, 9, 04071, м. Київ

olegpilipchuk47@gmail.com, t_pichkur@bigmir.net

У статті викладається процес зниження забруднення навколишнього середовища нафтою та нафтопродуктами, які використовують залізничний транспорт. Актуальність роботи визначається зростанням техногенного навантаження на навколишнє середовище з боку залізничного транспорту. Проаналізовано хімічні й фізико-хімічні процеси, що відбуваються за участю шкідливих речовин у довкіллі (грунтах, ґрунтових розчинах, поверхневих водах) і в місцях дислокації рухомого складу залізниць (вагонні депо). Встановлено, що забруднення ґрунту нафтопродуктами зумовлюється такими факторами:

а) широким спектром нафто забруднювальних речовин;

б) трансформацією нафти й нафтопродуктів у навколишньому середовищі внаслідок просторового й часового перерозподілу органічних сполук у ґрунтах шляхом більшого діапазону розчинності, летучості органічних сполук, адсорбційних властивостей середовища. А це призводить до двох основних типів нафто забруднення: «застаріле», з різними строками надходження до ґрунту (це характеризується глибокими структурними змінами) й «свіже», яке ще не встигло зазнати глибоких структурних змін.

Одним з основних заходів із ліквідації нафто забруднювальних ґрунтів на об'єктах залізничного транспорту є механічний метод очищення з видаленням нафто забруднювального ґрунту й засипанням на його місце чистого піску. У зв'язку із цим ми можемо вважати, що в більшості випадків, особливо в умовах локомотивних і вагонних депо, доводиться розв'язувати проблему очищення піщаних нафто забруднюючих ґрунтів. Водночас свіже забруднення ґрунту ми моделювали в лабораторних умовах, а як застарілі зразки нафто забруднювального ґрунту досліджували природні ґрунти, відібрані на підприємствах залізничного транспорту.

Результати експериментальних досліджень також показали, що використання ефективних миючих засобів виявилися досить ефективними відносно до свіж забрудненого ґрунту (лабораторного чи природного). Відмивання застарілих нафто забруднень виявилися не досить ефективними навіть під час застосування засобів із високою миючою здатністю. Використання пероксикарбонату натрію як ефективного миючого засобу для очищення ґрунту від нафтопродуктів знаходить своє пояснення в особливому механізмі очищення, а саме в сумісному кавітаційно-флотаційному ефекті. На основі нового підходу в поясненні механізму миючої дії слід пропонувати екологічно безпечний миючий засіб (кавітаційно-флотаційний відмивач нафтопродуктів). У результаті експериментальних досліджень показана висока ефективність (99 %) застосування цієї речовини для очищення, в тому числі важких і дуже перетворених нафто забруднених ґрунтів до гранично допустимих нормативів і забезпечення ефективного розподілу фаз. Це дозволило дійти висновку, що використання кавітаційно-флотаційного ефекту значно знизить екологічну небезпеку відпрацьованих миючих розчинів (шляхом зниження вмісту нафтопродуктів і важких металів у порівнянні з іншими миючими засобами в 10–30 разів). *Ключові слова:* шкідливі речовини, забруднення ґрунту, залізничний транспорт, миючі засоби, екологія.

Modern ways to reduce the impact of railway transport on the environment: the problem of soil cleaning from petroleum products. Pylypchuk O., Vysotska T., Pichkur T.

The article highlights the process of reducing environmental pollution by railway transport oil and petroleum products. The urgency of the work is determined by the growth railway transport effect on the environment. Chemical and physicochemical processes occurring with the participation of harmful substances in the environment (soils, soil solutions, surface waters) and in the locations of railway rolling stock (car depots) are analyzed. It is established that soil pollution by oil products is caused by the following factors:

a) a wide range of oil pollutants;

b) transformation of oil and its products in the environment due to the spatial and temporal redistribution of organic compounds in soils due to the greater range of solubility, volatility of organic compounds, adsorption properties of the environment. And this leads to two main types of oil pollution: "obsolete", with different terms of penetration into the soil (this is characterized by profound structural changes) and "fresh", which has not yet experienced structural changes.

One of the main measures to eliminate oil-contaminating soils at railway transport facilities is a mechanical method of cleaning with removal of oil-contaminating soil and backfilling with clean sand. In this regard, we can assume that in most cases, especially in the conditions of locomotive and car depots, it is necessary to solve the problem of cleaning sandy oil soils. At the same time, we modeled fresh soil contamination in the laboratory, and as obsolete samples of oil-contaminating soil, we studied natural soils selected at railway transport enterprises.

The results of experimental studies have also shown that the use of effective detergents have been quite effective against freshly contaminated soil (laboratory or natural). Laundering of obsolete oil pollution has proved to be ineffective, even with the use of high detergents. The use of sodium peroxycarbonate as an effective detergent for cleaning the soil from petroleum products is explained in a special cleaning mechanism, namely in the combined cavitation-flotation effect. On the basis of a new approach in the explanation

of the mechanism of detergent action it is necessary to offer ecologically safe detergent (cavitation-flotation washer of oil products). Experimental studies have shown the high efficiency (99%) of the use of this substance for cleaning, including heavy and highly converted oil-contaminated soils to the maximum allowable standards and ensure efficient phase distribution. This led to the result that the use of cavitation-flotation effect will significantly reduce the environmental hazard of waste detergents (by reducing the content of petroleum products and heavy metals compared to other detergents by 10–30 times). *Key words:* harmful substances, soil pollution, railway transport, detergents, ecology.

Постановка проблеми. Питання мінімізації антропогенного впливу на екосистеми пов'язане з комфортністю співіснування живої природи і людини. Сучасний масштаб техногенного впливу людини на навколишнє середовище набув катастрофічних розмірів. Ось чому науково обґрунтовані пропозиції щодо зниження такого впливу є однією з найактуальніших завдань сучасності. Велике значення в подальшій розбудові української державності має реалізація основних принципів сталого розвитку, що задекларовані міжнародним співтовариством на Конференції ООН з питань навколишнього середовища і розвитку. Вони створюють передумови для збалансування потреб суспільства й можливостей природи, узгодженого розгляду проблем стану середовища існування й соціально-економічного розвитку. Ці питання є особливо важливими для України, яка сьогодні перебуває на стадії перехідного суспільства та переживає глибоку еколого-економічну кризу.

Актуальність дослідження. Залізничний транспорт відноситься до тієї галузі народного господарства, яка є активним і постійним джерелом комплексного впливу шкідливих речовин на навколишнє середовище. Із усього розмаїття забруднюючих речовин, що впливають на природне середовище під час експлуатації залізничного транспорту слід виділити, як найбільш масштабні, що систематично надходять в навколишнє середовище: нафта і нафтопродукти, іони важких металів, а також оксиди азоту, сірки, вуглецю і газоподібних вуглеводнів.

Дійсно, постачання споживачам рідких вуглеводнів лягає на залізничний транспорт (біля 76% від загальних перевезень нафтопродуктів і вуглеводневих газів). Під час транспортування нафти і нафтопродуктів відбувається забруднення навколишнього середовища як власне транспортними засобами, так і продуктами, втраченими при транспортуванні. При цьому виробничі площі залізничного транспорту характеризуються «кумулятивним» характером забруднення нафтою і нафтопродуктами. Негативне навантаження на навколишнє середовище починається з моменту функціонування підприємства залізничного транспорту і продовжується постійно протягом певного часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У Петербурзькому державному університеті шляхів сполучення з 2000 року при кафедрі «Інженерна хімія і захист навколишнього середовища» функціонує «Центр екологічних досліджень на залізничному транспорті». Керівник і кафедри, і Центру – доктор технічних наук, професор Лариса Борисівна

Сватовська. Кафедра займається вивченням закономірностей міграції хімічних речовин в доквілля. Серед основних завдань Центру – дослідження негативного впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище. І важливе місце в цих дослідженнях займає проблема забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами.

Проведені дослідження щодо оцінки забрудненості територій залізничних підприємств показали, що переважно 10–30% території, а на окремих підприємствах цей відсоток значно вищий, забруднені нафтопродуктами. Забрудненість ґрунтів коливається в широких межах, залежить від виду рухомого складу, гранулометричного складу ґрунтів, забруднюючих речовин, тривалості роботи підприємств, глибини залягання підземних вод і сягає 16 метрів. Вміст нафтопродуктів на перегонах складає 2 г/кг (ґрунту), на станціях від 50 до 100 г/кг, важких металів до 600 мкг/кг. Дослідження ситуації показало, що після глибокого очищення щєбня із земляного полотна, остаточний вміст важких металів у ґрунті залишається дуже високим і перевищує граничну концентрацію у 8 разів.

Метою нашого дослідження є аналіз сучасних шляхів зниження впливу залізничного транспорту через вирішення проблеми очищення ґрунту від нафтопродуктів.

Результати дослідження. Наші дослідження засвідчили, що метод, який застосовується для очищення ґрунту на промислових ділянках залізничного транспорту – захоронення забрудненого і підсипання свіжого ґрунту – є не тільки неекономічним процесом, а й неекологічним і, врешті-решт, виявляється малоефективним.

Забруднення води нафтопродуктами є однією з найважливіших проблем.

Залізничний транспорт є активним споживачем води. Щорічно на потреби залізничного транспорту потрібно біля 0,5 млрд. куб метрів, з яких біля 500 млн. куб м води перетікає у стічні води. Стоки від залізничного транспорту утворюються під час різноманітних технологічних процесів (пов'язаних з роботою промивально-пропарювальних станцій, ремонтних заводів і депо, шпалопросочувальних заводів, пунктів підготовки вантажних вагонів, гальванічних ділянок та ін.). Стоки після очисних споруд із застосуванням різних нафтовловлювачів, флотаторів, аеротенків, озонаторів все одно містять нафтопродукти до 1–5 мг/л.

Окрім забруднень від *стічних вод* підприємств залізничного транспорту, великий вплив на екологічний стан навколишнього середовища мають *зливні*

стоки. Об'єм зливних стоків промислових площадок дистанцій колії складає 5,6 тис. м³/рік. Вони містять вже до 4 мг/л нафтопродуктів. Об'єм зливних стоків із залізничного полотна сягає 110 тис. м³/рік. Ці стоки містять до 20 мг/л нафтопродуктів.

Аналіз основних видів забруднень на залізничному транспорті, які відводяться разом зі стоками і поверхневими водами вказує переважно на такі основні забруднювачі як нафтопродукти, завислі речовини, а також іони важких металів. Навіть після очищення на локальних очисних спорудах концентрація нафтопродуктів у воді коливається від 1 до 20 мг/л, а іонів важких металів до 10 мг/л. Загальний об'єм стічних вод, що потрапляють у басейни річок, мають концентрацію біля 160 мг/л, в тому числі понад 120 млн.м³ – забруднення з перевищенням гранично-допустимих концентрацій (далі – ГДК).

Для очищення стоків залізничного транспорту (згідно з ГДК) потрібне залучення великих обсягів адсорбентів – десятки і сотні тисяч кубічних метрів. В цьому випадку слід акцентувати увагу на забрудненнях, типових для залізничного транспорту – важкі метали і розчинні нафтопродукти, а також повинна враховуватися ефективність та екологічність адсорбента.

Головною особливістю залізниць є цілодобова робота рухомого складу. При цьому сумарні викиди від дизельного рухомого складу, який експлуатується на усій залізничній мережі України, складає біля 2 млн т на рік, що у 6 разів перевищує викиди від стаціонарних джерел залізничного транспорту таких шкідливих речовин як оксиди азоту, вуглецю, сірки, газоподібних вуглеводнів.

Існуючі методики розсіювання шкідливих домішок в атмосферному повітрі, в тому числі, для автомобільного транспорту не можуть бути використані в залізничному транспорті через специфіку розподілу і характер руху рухомих об'єктів залізничного транспорту на відміну від автомобільних транспортних потоків. Тому характер впливу викидів від тепловозів в атмосферне повітря не піддається сьогодні обліку і досі не можуть бути розроблені заходи, які призведуть до зниження такого впливу.

Серед наших досліджень важливим є визначення принципів відбору засобів глибокого очищення нафтозабруднених ґрунтів підприємствами залізничного транспорту, а також з'ясування можливості прогнозування сорбуючої здатності твердих тіл до нафти і нафтопродуктів і обрання адсорбентів з природної і техногенної сировини для очищення виробничих і зливних стоків підприємств залізничного транспорту.

Оскільки залізничний транспорт бере участь у масштабних перевезеннях нафти і нафтопродуктів, а також використовує у своїх цілях такі нафтопродукти, як масла, дизельне паливо, то найбільшими забруднювачами землі і води промислових і зливних стоків безперечно є *нафтопродукти*.

Другим забруднювачем за поширенням і масштабістю, згідно з літературними даними, слід вважати *іони важких металів*.

Стосовно забруднення атмосферного повітря, то найбільші забруднення йдуть від тепловозів, залишаючи остеронь викиди залізничних виробництв (локомотивні і вагонні депо, пропарювальні станції, щебеневі, перероблювальні виробництва тощо). Це мотивується тим, що викиди цих виробництв у своїй основі доволі відомі, і способи очищення від таких викидів стандартизовані. В кінцевому результаті це визначає стратегію і технічну політику у сфері природоохоронних заходів для таких виробництв. Разом з тим, хоча викиди від тепловозів дещо відомі, але, по-перше, вони перевищують приблизно у 7 разів викиди виробництв (за такими типовими забруднювачами атмосферного повітря, як оксиди вуглецю, сірки, азоту і вуглеводні), а по-друге вплив цих викидів на атмосферне повітря залишається досі проблематичним, через неможливість отримати розрахункову оцінку про величини розсіяних концентрацій цих речовин у місцях інтенсивної експлуатації (зокрема, пасажирських станцій), рухомого складу на тепловозній тязі, тому що відсутні методики розрахунку речовин для пересувних джерел.

Дані літератури дозволяють нам зробити висновок, що для знищення комплексного впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище необхідно здійснювати заходи, з одного боку, для очищення компонентів природного середовища від нафтопродуктів та іонів важких металів доступними та економічними засобами, а, з іншого боку, розробити методику для оцінки впливу викидів тепловозів в атмосферне повітря. На вирішенні цих завдань і працює наша кафедра.

Серед різних підходів зниження забруднення залізничним транспортом слід вважати важливу *проблему очищення ґрунту від нафтопродуктів*. Ми в своїх дослідженнях попередньо розглядаємо питання про ступінь і характер забруднення та про можливу трансформацію цього забруднення. Ми також детально розглядаємо вже існуючі методи і робимо вибір на користь найбільш раціональних способів очищення. В результаті ми зробили висновок, що забруднення ґрунту нафтопродуктами зумовлюється такими факторами: а) широким спектром нафтозабруднюючих речовин; б) трансформацією нафти і нафтопродуктів в навколишньому середовищі внаслідок просторового і часового перерозподілу органічних сполук в ґрунтах за рахунок більшого діапазону розчинності, летучості органічних сполук, адсорбційних властивостей середовища. А це призводить до двох основних типів нафтозабруднення: «застаріле», з різними строками надходження до ґрунту (це характеризується глибокими структурними змінами) та «свіже», яке ще не встигло зазнати глибоких структурних змін.

Одним з основних заходів з ліквідації нафтозабруднюючих ґрунтів на об'єктах залізничного транспорту є механічний метод очищення з видаленням нафтозабруднюючого ґрунту і засипанням на його місце чистого піску. У зв'язку з цим ми можемо вважати, що у більшості випадків, особливо в умовах локомотивних і вагонних депо, доводиться вирішувати проблему очищення піщаних нафтозабруднюючих ґрунтів. При цьому свіже забруднення ґрунту ми моделювали в лабораторних умовах, а в якості застарілих зразків нафтозабруднюючого ґрунту досліджували природні ґрунти, відібрані на підприємствах залізничного транспорту.

Вибір нафтопродуктів в експериментах визначався такими причинами. Залізничний транспорт і в наш час є провідним в Україні щодо перевезення нафти і нафтопродуктів до споживачів. Відповідно, можливість витікання з цистерн, аварійних розливів достатньо висока. Мазут пічний було обрано як найбільш важку фракцію переробки нафти. Крім цього, більшість котельних на підприємствах залізничного транспорту використовують мазут в якості палива. Відпрацьоване моторне масло було використане як забруднююча речовина, оскільки воно є одним з основних забруднювачів на територіях депо у зв'язку з витіканням, зумовленим нещільностями у вузлах і деталях локомотивів.

Експеримент із забрудненням піщаного ґрунту проводився за такою схемою: Однакові порції ґрунту вагою по 1 кг насипалися в пластикові пляшки і заливалися нафтою, відпрацьованим моторним маслом і мазутом. На підставі літературних даних були обрані три вихідні концентрації кожної забруднюючої речовини для отримання слабкозабрудненого ґрунту – концентрація нафтопродуктів не більше 15 г/кг, середньозабрудненого – 20-30 г/кг; сильнозабрудненого – понад 40 г/кг.

Ми усвідомлюємо, що у порівнянні зі свіжим забрудненням, де відомий тип розлитих нафтопродуктів, нафтозабруднення, яке вже є в наявності на підприємствах залізничного транспорту, являє собою надзвичайно складний об'єкт для дослідження. Бо практично неможливо ідентифікувати тип нафтопродуктів, які першими були розлиті на ділянці. І неможливо точно визначити строк цього розливу. Складність розв'язання такого питання ускладнюється розмаїттям нафтопродуктів, які перевозяться залізничним транспортом чи застосовуються на підприємствах залізничного транспорту, багатфакторністю їх перетворення в навколишньому середовищі, і постійними додатковими витіканнями нафти і нафтопродуктів. В найбільш загальних рисах процеси трансформації нафти і нафтопродуктів в навколишньому середовищі описані в літературі, яка стосується забруднення ґрунтів [1]. Процеси, які відбуваються з такими забруднюючими речовинами в техногенних ґрунтах, і, зокрема, на підприємствах залізничного транспорту, в науково-технічній літера-

турі майже не відображені [2]. Ось чому перед нами постало завдання, перш за все оцінити процеси, які відбуваються з нафтопродуктами в природних умовах підприємств залізничного транспорту, і на підставі отриманих даних вибрати проби нафтозабрудненого ґрунту для очищення фізико-хімічним методом.

В якості підприємства залізничного транспорту було обрано локомотивне депо ст. Київ-Дарниця Південно-Західної залізниці. Проби ґрунту відбиралися у місцях активного функціонування техніки і проведення різного роду робіт, як і на ділянках, де рух локомотивів і другої техніки здійснюється рідко. Відбір проб проводився з міжрейкового простору на всю глибину піщаної підсіпки, яка в середньому складала від 15 до 25 см.

З більш ніж 50 проб природного нафтозабрудненого ґрунту, були використані три проби. Цей вибір диктувався такими умовами. По-перше, гранулометричний склад вибраних проб практично співпадав між собою і з гранулометричним складом піску, який ми використовували в роботі для створення лабораторних зрізів нафтозабруднюючих ґрунтів.

Результати показали, що за вмістом нафтопродуктів проби природного ґрунту відносяться до сильнозабруднених. Причому максимальний вміст нафтопродуктів фіксується в пробі № 1 – 132 г/кг ґрунту. Він виявився максимальним серед усіх проб, відібраних в локомотивному депо «Дарниця» Регіональної філії Південно-Західної залізниці Укрзалізниці.

Таким чином, для дослідження ефективності фізико-хімічного методу очищення нафтозабруднених ґрунтів у роботі було отримано масимально можливий набір нафтозабруднених ґрунтів: а) проби свіжого забруднення лабораторних зрізів з трьома типами нафти і нафтопродуктів від слабкозабруднених до сильнозабруднених і б) проби натурного (природного) ґрунту, які охоплюють найбільш загальні типи трансформації нафти і нафтопродуктів у ґрунтах.

Досліджені проби природного ґрунту масимально відрізняються між собою за складом органічних сполук, охоплюють можливі варіанти трансформації нафти і нафтопродуктів в піщаних ґрунтах, і в загальних рисах співпадають з процесами в нафтозабруднених ґрунтах. Загальні етапи трансформації нафти і нафтопродуктів в піщаних ґрунтах виглядають так: 1) зменшення вмісту легких низькомолекулярних, в основному вуглеводневих фракцій, в розлитій нафті або нафтопродукті внаслідок випарування, активного виносу з опадами, міграції у нижчележачі шари ґрунту; 2) подальше зниження вмісту вуглеводневих сполук різних типів внаслідок фізико-хімічних і мікробіологічних процесів, відносно накопичення фракції важких смолисто-асфальтових речовин, її окислення; 3) інтенсивне окислення фракції смолисто-асфальтових речовин, накопичення кисневмісних сполук; подальше

окислення, трансформація новоутворених сполук (під час розливу важких сполук нафти і нафтопродуктів на поверхні утворюються міцні шкуринки високомолекулярних компонентів).

На підставі проведеного експерименту та використання даних літературних джерел нами були побудовані графіки порівняння досліджуваних миючих засобів в залежності від виду забруднення і висхідного вмісту нафтопродуктів у ґрунті. Згідно результатів експериментальних досліджень були виділені умовні групи миючих засобів згідно їхньої ефективності.

Перша група так званих ефективних миючих засобів дозволяє відмити нафтозабруднені ґрунти на 95% (в залежності від виду забруднення і концентрації миючих засобів). Майже усі миючі засоби такої групи, окрім кальцинованої соди, містять синтетичні речовини, що і обумовлюють високу миючу здатність.

Друга група – малоефективні миючі засоби. Ефективність відмивання ґрунту складає 93%. До цієї групи відноситься каустична сода і тринатрійфосфат. Для цих речовин характерне погіршення миючих можливостей в міру важких нафтозабруднень ґрунту. Високі дані вмісту мазуту в ґрунті виявляються найбільш стійкими забрудненнями.

До третьої групи увійшли неефективні миючі засоби, такі як господарське мило і «підмільні» луги, з ефективністю відмивання не вище 83% по відношенню до будь-яких типів забруднюючих ґрунт речовин, навіть при високих концентраціях миючих речовин в розчині. Процент відмивання знижується до 65–70% із залишковою концентрацією нафтопродуктів в ґрунті. Це у 6–9 разів перевищує гранично допустимий норматив, особливо при відмиванні цими миючими засобами забруднень відпрацьованим маслом та мазутом.

Результати досліджень проб природного ґрунту максимально відрізняються між собою за складом органічних сполук, широко охоплюють можливі варіанти трансформації нафти і нафтопродуктів у піщаних ґрунтах, і в загальних рисах співпадають з процесами у нафтозабруднюючих ґрунтах.

Результати експериментальних досліджень також показують, що використання ефективних миючих засобів виявилися досить ефективними по відношенню до свіжозабрудненого ґрунту (лабораторного чи природного). Відмивання застарілих нафтозабруднень виявилися не досить ефективним навіть при застосуванні засобів з високою миючою здатністю.

Огляд способів очищення нафтозабруднених ґрунтів на основі літературних публікацій різних дослідників, не дозволяє з них вибрати найбільш вдалого для дослідження його в якості можливого механізму очищення [3]. Але разом з цим, на сьогодні відомі методи очищення, з одного боку, стічних вод від нафтопродуктів, а з іншого боку,

замаслених металевих конструкцій, які за можливим їх поєднанням дозволили б використати якийсь принципово новий механізм очищення ґрунту від нафтопродуктів.

В одному випадку мова йде про явища, пов'язані з *флотацією*. Тобто процес активного винесення дисперсних твердих або рідких частинок з товщі рідинного середовища на поверхню такого середовища добре відомий як флотація і широко та успішно використовується як для концентрування і збагачення руд кольорових і рідкісних металів, так і для очищення нафтовмісних стічних вод у так званих *флотаторах*. І в тому, і в іншому випадку основним агентом, який «флотує» дисперсну частинку на поверхню середовища є бульбашка газу. Таким чином, однією з складових нового механізму очищення, повинне бути активне барботування, яке під час флотаційного очищення отримують нагнітанням і розпиленням газу в систему.

Іншою складовою принципово іншого механізму очищення повинен бути *механічний імпульсний удар*, до того ж періодично повторюваний, який дозволить розірвати не дуже міцні сили адгезії між забруднюючою речовиною і твердими частинками ґрунту. Такий удар в техніці також добре відомий, і відомий у більшості випадків як небажане явище. Йдеться про *кавітацію*, яка протікає в рідинному середовищі і при цьому виникають періодичні удари (мікробухи), які володіють величезною руйнівною силою.

Натепер відомі прояви кавітації, які обумовлені гідродинамічними умовами під час роботи гідравлічних насосів, гідравлічних турбін, корабельних гвинтів тощо, а також таким негативним ефектом, як ерозія матеріалу. Кавітація також проявляється при поширенні акустичних хвиль ультразвукової частоти в рідинному середовищі і яка теж призводить до механічного руйнування твердої поверхні матеріалу. В першому випадку тип кавітації визначають як гідродинамічний, а у другому – як акустичний. І в тому, і в іншому випадку кавітація виявляється небажаним явищем, яка призводить до руйнування матеріалу.

В літературі вказується, що відомі випадки позитивного використання явища кавітації, зокрема для очищення ґрунту від забруднення. Так, відомо, що ультразвукова кавітація використовується в техніці для очищення поверхонь від забруднень в середовищі миючої речовини або розчинника і, навіть, в побуті для прання текстильних виробів з допомогою побутового ультразвукового генератора [4].

Отже, такі дві стадії і суміщені в одному принципово новому механізмі очищення нафтозабруднюючого ґрунту можна тепер конкретизувати як основані на: а) кавітаційному ефекті; б) флотаційному ефекті.

В експериментах з дослідження забруднень ґрунту залізничним транспортом ми повинні керуватись логікою вибору миючого засобу і давати кількісні обґрунтування механізму миючої дії застосованого для цілей очищення ґрунту пероксикар-

бонатом натрію. Якісні експерименти показали, що пероксикарбонат натрію може бути найбільш підходящим представником миючого засобу для очищення ґрунту від нафтозабруднення, який діє за іншим механізмом, ніж відомі миючі засоби.

Висновки. Таким чином, використання перокси-карбонату натрію в якості ефективного миючого засобу для очищення ґрунту від нафтопродуктів знаходить своє пояснення в особливому механізмі очищення, а саме у сумісному кавітаційно-флотаційному ефекті. На основі нового підходу у поясненні механізму миючої дії слід пропонувати екологічно безпечний миючий

засіб (кавітаційно-флотаційний відмивач нафтопродуктів). В результаті експериментальних досліджень показана висока ефективність (99%) застосування цієї речовини для очищення, в тому числі важких і дуже перетворених нафтозабруднених ґрунтів до гранично допустимих нормативів і забезпечення ефективного розподілу фаз. Це дозволило дійти результату, що використання кавітаційно-флотаційного ефекту значно знизить екологічну небезпеку відпрацьованих миючих розчинів (за рахунок зниження вмісту нафтопродуктів і важких металів у порівнянні з іншими миючими засобами у 10–30 разів).

Література

1. Смирнова Т.В., Панин А.В., Смирнов А.В. Экология почв : методические указания для студентов специальности «Инженерная защита окружающей среды на железнодорожном транспорте» (ПГУПС). Санкт-Петербург, 1998. 12 с.
2. Сватовская Л.Б., Панин А.В., Смирнов А.В., Филимоннова Г.П., Шершнева М.В. К вопросу о некоторых безотходных технологиях в решении экологических задач на железнодорожном транспорте. *Экологические проблемы на железнодорожном транспорте* : тезисы докладов международной конференции. Москва, 1999. С. 53.
3. Смирнов А.В., Сватовская Л.Б., Панин А.В. Исследование моющих средств для очистки грунта от нефти и нефтепродуктов на железнодорожном транспорте. *Проблемы инженерной экологии на железнодорожном транспорте* : сборник научных трудов. Санкт-Петербург, 1999. С. 3.
4. Панин А.В. К вопросу о механизме очистки грунта от нефтепродуктов физико-химическим методом при использовании нетрадиционных моющих средств. *Новые исследования в материаловедении и экологии* : сборник научных трудов. Санкт-Петербург, 2001. Вып. 1. С. 28–33.